

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»**

А. А. САВАРИН

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ



**Гомель
2013**

УДК 504.5: 502.173/.174(076)
ББК 20.18я73+ 51.21я73
С 126

Рецензенты:

кандидат технических наук Вострова Р. Н.;
кандидат биологических наук Гулаков А. В.;
кафедра экологии учреждения образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
учреждения образования «Гомельский государственный
университет имени Франциска Скорины»

Саварин, А.А.

С 126 Управление отходами : практ. рук-во / А. А. Саварин ;
М-во образования РБ, Гомельский гос. ун-т им. Ф. Скорины.
– Гомель : ГГУ им. Ф. Скорины, 2013. – 48 с.
ISBN 978-985-439-757-3

Практическое руководство включает тематику занятий, пояснительный материал, вопросы и задания для самоконтроля, литературу по каждой теме в отдельности.

Особое внимание уделяется методикам переработки отходов, ресурсосбережения и системному геоэкологическому мониторингу полигонов. Руководство основано на анализе опыта европейских стран.

Адресовано студентам специальности 1-33 01 02 «Геоэкология».

УДК 504.5: 502.173/.174(076)
ББК 20.18я73+51.21я73

ISBN 978-985-439-757-3 © Саварин А. А., 2013
© УО «Гомельский государственный
университет им. Ф. Скорины», 2013

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»

А. А. САВАРИН

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

Практическое руководство

для студентов специальности
1- 33 01 02 «Геоэкология»

Гомель
ГГУ им. Ф. Скорины
2013

Содержание

Введение.....	4
Тема 1. Современные научные разработки по утилизации отходов.....	5
Тема 2. Анализ управления отходами в странах Европейского Союза.....	10
Тема 3. Экологическая безопасность при захоронении отходов.....	17
Тема 4. Экологическое состояние полигонов ТКО в Беларуси.....	25
Тема 5. Термическая переработка отходов.....	30
Тема 6. Обращение с радиоактивными отходами (РАО)...	37
Приложение А Словарь терминов.....	43

Введение

Знание дисциплины «Управление отходами» является важным элементом профессиональной подготовки студентов высших учебных заведений специальности «Геоэкология». Жизнедеятельность современного человека сопровождается образованием большого количества различных отходов производства и потребления, которые не только трансформируют естественные экосистемы (так как большая часть их складывается на полигонах), но и представляют реальную экологическую опасность. Решение этой проблемы важно и с учетом современных требований ресурсо- и энергосбережения. Так, если тонна синтезированного полиэтилена стоит 1200 долларов, то полученного из вторсырья – в два раза дешевле. Развитие экономики Беларуси не должно сопровождаться усилением отрицательного воздействия на состояние окружающей среды и здоровье населения. Поэтому необходимо обеспечить разработку и использование научно-технических достижений для создания и внедрения безопасных и малоотходных технологий обезвреживания и использования отходов, совершенствования методов экономического стимулирования в области обращения с отходами, максимально возможного вовлечения отходов в хозяйственный оборот.

Содержание практического руководства направлено на подготовку специалистов-экологов для квалифицированной природоохранной деятельности, формирования навыков системного подхода при обращении с отходами. Важным элементом занятий является воспитание гражданской ответственности за сохранение естественных природных комплексов Республики Беларусь.

На практических занятиях студенты:

- глубоко и всесторонне усваивают методы управления отходами;
- изучают технологические приемы и методики в области ресурсосбережения и переработки отходов;
- овладевают навыками научного анализа;
- овладевают умениями и навыками работы с научной литературой.

Практическое руководство включает тематику занятий, пояснительный материал, вопросы и задания для самоконтроля, литературу по каждой теме в отдельности и адресованы студентам специальности 1- 33 01 02 «Геоэкология».

Тема 1

Современные научные разработки по утилизации отходов

- 1 Утилизация опасных отходов.
- 2 Переработка отходов полиэтилентерефталата.
- 3 Использование древесных отходов.

Совершенствование системы управления отходами является главной задачей и проблемой в области охраны окружающей среды. *Современная политика в области обращения с отходами осуществляется на основе следующих главных принципов: минимизации, ресурсосбережения, уничтожения опасных свойств, захоронения.*

Развитие индустрии рециклинга отходов обеспечит не только экономию природных ресурсов и энергии, но и защиту окружающей среды от токсичных веществ (схема переработки отходов представлена на рисунке 1). В промышленно развитых странах вклад рециклинга отходов в ВВП достигает 5-8 %. Показательны такие факты: в США с 1990 г. не было построено ни одного мусоросжигательного завода; из 186 заводов, действовавших в 1990 г., сейчас работает только 112. В Японии не только перерабатывают до 80 % образующихся отходов, но и остающимся после переработки «хвостам» (неутилизируемой части отходов) находят полезное применение. Спрессованный мусор используют для строительства дамб. Так, острова Одайба и Тэннозу – фактически «мусорные».

По использованию ценных фракций вторсырья (макулатура, стекло, пластмасса, резина) Россия и Беларусь отстают от лучших европейских показателей в 5-30 раз. Так, ежегодно в России образуется около 50 млн. т твердых бытовых отходов, из которых только 35 % пригодны для переработки. При этом утилизируется всего около 10 % образующегося мусора, остальное вывозится на свалки, площади которых с каждым годом увеличиваются. Согласно оценкам экспертов, около 15 % территории Российской Федерации по экологическим показателям находится в критическом состоянии. В Беларуси из бытовых отходов используется около 17% вторичных ресурсов.

Важное место в исследованиях занимают вопросы, связанные с переработкой ртутьсодержащих отходов. Ртуть и ее соединения используются в электротехнической (контакты, переключатели), химической промышленности (синтез некоторых крупнотоннажных продуктов), судостроении (красители, ртутно-цинковые элементы), медицинской технике (термометры, манометры), энергетике (выпрямители), в военном деле (детонаторы, взрыватели).

Ртуть относится к веществам I класса опасности. Так, согласно нормативам предельно допустимая концентрация ртути в воздухе (среднесуточная) составляет всего $0,0003 \text{ мг/м}^3$. В то время как в люминесцентных и ртутных лампах содержится от 5 до 300 мг ртути. К основным методам переработки таких ламп относятся термовакуумный, вакуумный, гидроталлургический и пневмовибрационный.

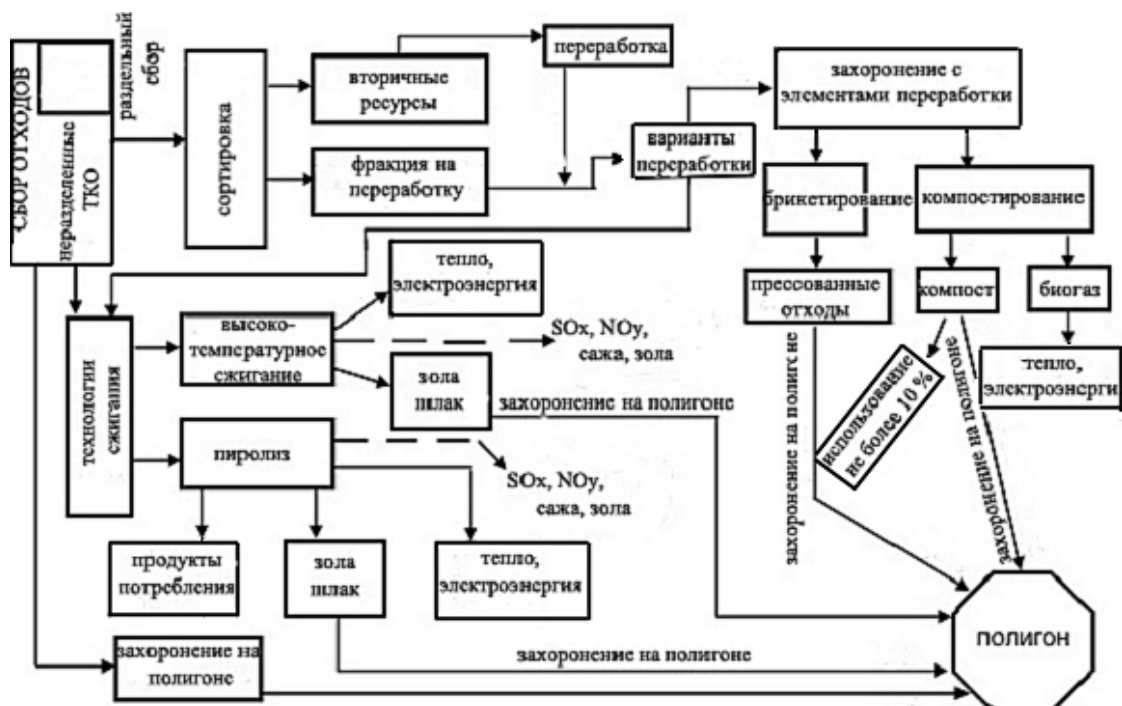


Рисунок 1 – Схема переработки отходов в Беларуси

В отходах электроники (прежде всего, компьютерах и мобильных телефонах) кроме ртути содержатся цинк, олово, никель, кобальт, хром, кадмий, золото, серебро и другие тяжелые металлы, а также алюминий, магний, мышьяк, бериллий и др. Об актуальности рециклинга электронных отходов говорит тот факт, что по оценкам специалистов за последнее десятилетие в развитых странах средний срок службы компьютеров снизился до 2 лет. В ближайшие годы устареет около 250 млн. компьютеров.

Наиболее эффективный метод обезвреживания опасных медицинских отходов является – термический высокотемпературный. Под действием высоких температур органические составляющие распадаются и окисляются до безвредных продуктов горения CO_2 , H_2O , N_2 .

При сжигании отходов образуются чрезвычайно токсичные галогенсодержащие полиароматические соединения. К ним относятся, прежде всего, дибензодиоксины и дибензофураны (PCDD/PCDF). В европейских странах для этих веществ установлена предельно допустимая эмиссия в количестве $0,1 \text{ нг/м}^3$ сухого вещества продуктов сжигания.

Наиболее широко применяемым методом удаления этих веществ из продуктов сгорания является адсорбирующая технология, при которой используются углеродистые сорбенты – активный уголь.

Мировое производство пластмасс возрастает ежегодно на 5-6 %. Использование пластмассовой упаковки приводит к образованию 40-50 кг отходов на человека в год. Основной удельный вес (около 25%) в общей массе полимерных отходов занимает полиэтилентерефталат (ПЭТФ). В ряде стран ПЭТФ компостируется, но, так как на разложение пластиков требуется более 80 лет, площади земельных угодий, отчуждаемых для их складирования, резко увеличиваются. Сжигание таких отходов экологически опасно с учетом образования и захоронения золы. Существующие способы переработки отходов ПЭТФ можно разделить на две основные группы: механические (измельчение) и физико-химические (плавление, переосаждение полимера, получение композиционных материалов). Новейшим способом переработки отходов ПЭТФ является гидролиз с использованием воды, осуществляемый за 30 мин при температуре 350-400 °С и давлении 25-30 МПа. Преимущество этого способа заключается в простоте и непродолжительности процесса.

Древесные отходы можно использовать не только для получения тепловой и электроэнергии. Древесные отходы являются сырьем для производства древесностружечных плит (ДСП). Опилки мелкого помола заменяют сено как подстилочный материал в местах содержания домашних животных. Современный способ применения отходов древесной промышленности – искусственное разведение грибов. Например, применение древесных опилок при разведении такого популярного в Китае гриба, как шиитакэ, способствует увеличению грибной массы на 30%. В Германии в 1993 г. было разрешено использование древесных отходов в производстве теплоизолирующих материалов. Например, при производстве, так называемого, «древесного бетона», состоящего не только из цемента, но и из древесной стружки. Подмешивая древесные опилки к компостируемому материалу, удаётся уменьшить его влажность и ускорить разложение биологических отходов. Древесная стружка очень мелкого помола (древесная мука) используется как фильтр для очистки воды. Из древесных отходов можно получать фильтрационную бумагу, активный уголь, линолеум и др. Перспективно, но пока не рентабельно, получение биотоплива из древесной стружки. До сих пор не один из проектов получения биотоплива не реализован в промышленных масштабах.

Задания

- 1 Изучите статью по современным методам переработки отходов.
- 2 Устно кратко изложите ее по следующим аспектам: цель и задачи исследования, основные результаты, практическое значение.
- 3 Проанализируйте широту исследовательских разработок.
- 4 Какие из анализируемых разработок вы считаете наиболее перспективными для нашей страны? Какие направления вас наиболее интересуют?

Вопросы для самоконтроля

- 1 Каким образом строительные материалы получают из отходов?
- 2 Составьте схему удаления диоксинов из отходов.
- 3 Какие опасные компоненты находятся в электронном мусоре?
- 4 В чем трудности рециклинга ртутьсодержащих материалов?
- 5 Какие физико-химические методы используются при переработке автомобильных покрышек?
- 6 Охарактеризуйте основные этапы переработки ПЭТФ?
- 7 Каковы основные проблемы компостирования ПЭТФ?
- 8 Приведите примеры, подтверждающие низкий уровень переработки отходов в Беларуси и России.

Литература

- 1 Биелло, Д. Биотопливо: призрачные надежды / Д. Биелло // В мире науки. – 2011. – № 10. – С. 23–31.
- 2 Биогаз: забытые возможности // Экология и жизнь. – 2008. – № 12 (85). – С. 26–27.
- 3 Возможности использования древесных отходов // Экомониторинг. – 2012. – № 7. – С. 34–35.
- 4 Донских, Д. К. Утилизация ртутьсодержащих отходов / Д. К. Донских, В. Л. Скитский // Твердые бытовые отходы. – 2006. – № 6. – С. 26–29.
- 5 Йирса, П. Удаление диоксинов: технологии нового поколения / П. Йирса // Твердые бытовые отходы. – 2008. – № 9. – С. 38–39.
- 6 Современные проблемы и решения в системе управления опасными отходами / А. М. Касимов [и др.]. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – 510 с.
- 7 Клинков, А. С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / А. С. Клинков, П. С. Беляев, М. В. Соколов. – Тамбов: ТГТУ, 2005. – 80 с.

- 8 Москвин, А. А. Переработка изношенных автомобильных покрышек в России. На пути к безотходным технологиям потребления/ А. А. Москвин, М. Н. Емельянова // Рециклинг отходов. – 2009. – № 3 (21). – С. 2–5.
- 9 Полезное использование шлаков мусоросжигания / В. М. Парецкий [и др.] // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 4. – С. 51–56.
- 10 Растимешин, С. А. Кирпичи из мусора: безотходная технология / С. А. Растимешин, А. В. Пастухов // Твердые бытовые отходы. – 2008. – № 3. – С. 46–49.
- 11 Свиточ, Н. А. Лавина электронного мусора – проблема XXI века / Н. А. Свиточ // Твердые бытовые отходы. – 2008. – № 2. – С. 8–13.
- 12 Новые технологии переработки различных видов отходов / Ю. Н. Шаповалов [и др.] // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 1. – С. 20–27.
- 13 Демеркуризационное оборудование «ЭКОТРОМ-2» / В. Н. Тимошин [и др.] // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 4. – С. 38–39.

Тема 2

Анализ управления отходами в странах Европейского Союза

- 1 Единые общеевропейские подходы.
- 2 Передовой опыт отдельных стран.
- 3 Европейские тенденции в области обращения с отходами.

В странах Европейского Союза *управление отходами основано на выполнении соответствующих Директив Европейской Комиссии и национального законодательства*. Директивы определяют порядок обращения с отходами, а национальные правительства устанавливают целевые показатели извлечения вторичных материальных ресурсов по тому или иному виду отходов. Основная задача – свести количество отходов, отправляемых на полигоны, – к минимуму. Например, Согласно Директиве Европейского Совета по захоронению отходов 99/31/ЕС, страны ЕС должны предпринять ряд мер по обработке отходов перед их захоронением, разделению и отдельной переработке опасных и безопасных отходов, по осуществлению контроля над полигонами в ходе их эксплуатации и после закрытия. К 2016 г. страны ЕС обязаны обеспечить вывоз на полигоны не более 35% от всего объема образовавшихся неразлагаемых ТБО. Эта Директива запрещает размещение на полигонах автомобильных шин. Цель Директивы 2008/98/ЕС – сокращение объема полигонов. Введены количественные показатели по переработке ряда видов ТБО, в том числе бытового и строительного мусора. Директива 2001/77/ЕС призвана стимулировать "зеленое электричество", т.е. электроэнергию, получаемую от возобновляемых источников (ВИЭ). Согласно Директиве биоразлагаемые ТБО относятся к ВИЭ.

Мероприятия в области обращения с отходами осуществляются в соответствии с разработанными планами действий на срок 3-5 лет, которые, в свою очередь, вытекают из стратегических планов на 10-15-летний срок. Проводятся интенсивные научные исследования.

Организация сбора и управления потоками отходов является в странах ЕС национальной целью, направленной на максимальное извлечение вторичных ресурсов. Национальные и местные (региональные) планы скоординированы. Действия компаний контролируются экологической и финансовой инспекциями.

Для стимулирования использования отходов для получения сырья и энергии в большинстве стран ЕС установлен *запрет на захоронение органических отходов*. Органические отходы должны перерабатываться биологическими методами (компостированием). Запрещено захоронение горючих отходов; они сжигаются для получения энергии.

Захоронение ТБО производится на крупных специализированных полигонах, оборудованных системами сбора свалочного газа и фильтраата.

Основным методом снижения количества захораниваемых отходов является их рециклинг. Высокие уровни сжигания наблюдаются в тех странах, в которых рециклинг приблизился к пределу (с учетом развития современных технологий). Для государств, недавно присоединившихся к ЕС (например, прибалтийские государства), захоронение отходов заметно преобладает над рециклингом.

Европейский опыт показал эффективность *принципа расширенной ответственности производителя*. Этот принцип предусматривает возложение ответственности (экономической, юридической, информационной) за обращение с отходами, образующимися после утраты продукцией потребительских свойств, на производителя или импортера этой продукции. Применение принципа позволило развить сеть сбора и переработки отходов, стимулировать производителя разрабатывать менее опасную и более перерабатываемую продукцию, вовлекать в производство вторичное сырье. Действие этого принципа распространяется на большую группу товаров: электрическое и электронное оборудование, автомобили, медицинские препараты, мебель, строительные материалы, бытовая химия, а также любую упаковку. Следует заметить, что в цену товара закладывается определенная стоимость этих работ.

Большая доля затрат в области обращения с отходами финансируется населением. *Плата за отходы составляет около 0,5% от общего дохода семьи* (в Беларуси – 0,02-0,03%). Однако эта плата может различной в зависимости от количества отходов, образующихся в семье, периодичности вывоза, уровня сортировки отходов и др. В плату для населения входит финансирование всего процесса обращения с отходами (оплата сбора, вывоза, переработки, а также расходы на управление и инвестиции).

Система раздельного сбора отходов удобна и понятна для населения. Контейнеры – легкие, четко промаркированы. Проводятся информационные просветительные мероприятия в области обращения с отходами.



Рисунок 2 – Маркировка мусорных контейнеров

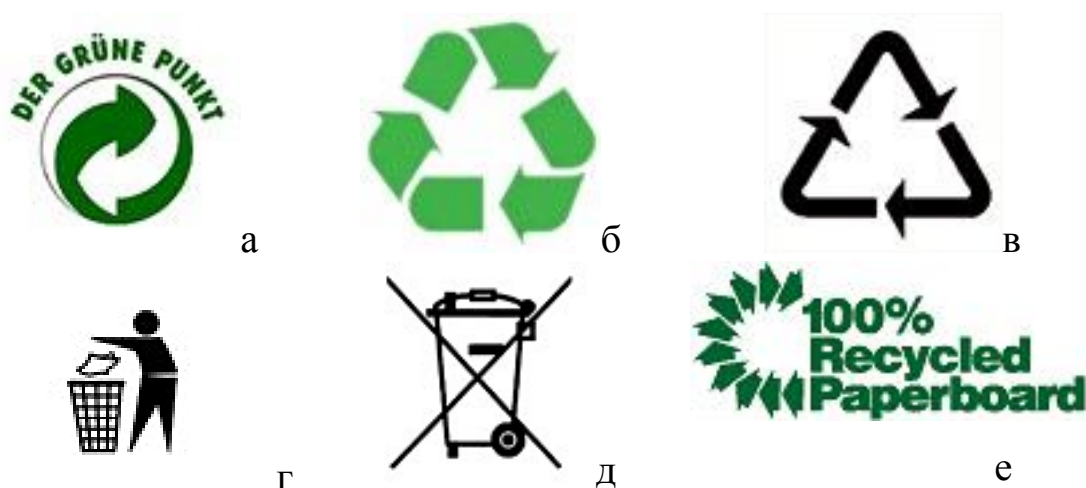


Рисунок 3 – Экомаркировка товаров

Воспитательное значение имеет маркировка на мусорных контейнерах и товарах (рисунки 2, 3). Знак «Der Grüne Punkt» (рисунок 3, а) означает, что производитель дает гарантию приема и вторичной переработки маркированного упаковочного материала. Треугольник из трех стрелок (петля Мебиуса, рисунок 3, б), означает, что материал, из которого изготовлена упаковка, может быть переработан, или что упаковка частично или полностью изготовлена из вторичного сырья. Знак перерабатываемого пластика (рисунок 3, в) ставится на всех полимерных упаковках. Внутри треугольника ставится цифра, а под ним буквенная аббревиатура, которые указывают на вид полимера:

- 01 и PET – полиэтилентерефталат (перерабатывается);
- 02 и PE-HD – полиэтилен высокого давления (перерабатывается);
- 03 и PVC – поливинилхлорид (не перерабатывается);

- 04 и PE-LD – полиэтилен низкого давления (перерабатывается);
- 05 и PP – полипропилен (перерабатывается);
- 06 и PS – полистирол;
- 07 и O – смесь пластиков или иные пластики (не перерабатывается).

Знак на рисунке 3, г предназначен для напоминания и встречается с разными надписями, например, «Keep your country tidy» («Содержи свою страну в чистоте!»). Знак «перечеркнутый контейнер» на электронной технике говорит о том, что выбрасывать этот предмет в обычный мусорный контейнер нельзя (Директива 2002/96/ЕС).

Уровень тарифов на переработку тонны бытовых (муниципальных) отходов составляет в среднем 135 евро для предприятий производительностью свыше 100 тыс. т/год, 180 евро – для предприятий производительностью от 50 до 75 тыс. т/год и 230 евро – для предприятий производительностью менее 50 тыс. т/год.

В Швеции действует строгое законодательство в сфере управления отходами. Запрещен вывоз органических отходов на полигоны. Определена ответственность производителей упаковочной тары за сбор и экологически приемлемую переработку использованной продукции. Однако ответственность за первичную сортировку различных видов упаковочных материалов, их доставку к пунктам сбора несут коммунальные службы и собственники жилья. Шведские производители упаковки создали пять специализированных организаций с соответствующей сферой ответственности: по пластику, картону, металлу, стеклу, бумаге и газетам. Больше половины перерабатывающих заводов используют анаэробные установки для производства биогаза и органических удобрений.

В Цюрихе действует одно предприятие, которое отвечает за очистные сооружения, уборку улиц, сбор и утилизацию отходов, сжигание мусора, теплоснабжение и производство электроэнергии всего города. Предприятие экспериментирует с различными типами общественных мусорных контейнеров, пытаясь найти самый экономный и выгодный способ сбора мусора в городе. Металлические контейнеры заменены на более лёгкие пластмассовые контейнеры. Все отходы делятся на три группы: обычный, особый и «ценный» мусор. Обычный мусор отвозится на мусоросжигающие заводы, особый транспортируется к специальным сборочным пунктам, а «ценный мусор» – на утилизационные пункты. В результате работы двух мусоросжигающих заводов сокращен на 90% объём всех отходов, предназначенных к депонированию. Закончена модернизация одного из заводов, длившейся 7 лет и стоявшей предприятию 130 млн. швейцарских франков: установлены две современные сжигающие установки, увеличившие производство электрической и тепловой энергии до 70%. Завод является самым производительным в Европе.

Более 70 % опрошенных в странах Европейского союза поддерживают запрет на использование полиэтиленовых пакетов.

Задания

1 Используя материал таблицы 1, выявите динамику образования ТБО (кг/чел/год) в отдельных странах и в целом по Евросоюзу. Чем это обусловлено?

Таблица 1

Страна	Год			
	1997	2001	2005	2008
Дания	588	658	737	802
Германия	658	633	564	581
Ирландия	547	705	740	733
Греция	363	417	438	453
Франция	497	528	532	543
Италия	468	516	542	561
Литва	421	377	376	407
Польша	315	290	319	320
Словакия	275	239	289	328
Швеция	416	442	482	515
Великобритания	533	592	585	565
Турция	503	457	438	428
Норвегия	619	362	427	490
Швейцария	609	662	663	741
.....
EU (27 стран)	499	522	517	524

2 Проанализируйте данные по образованию, утилизации и захоронению ТБО в ЕС (кг/чел/год) (рисунок 4). Какие выводы можно сделать? Рассчитайте, сколько процентов отходов подвергается рециклингу, захоронению и сжиганию.

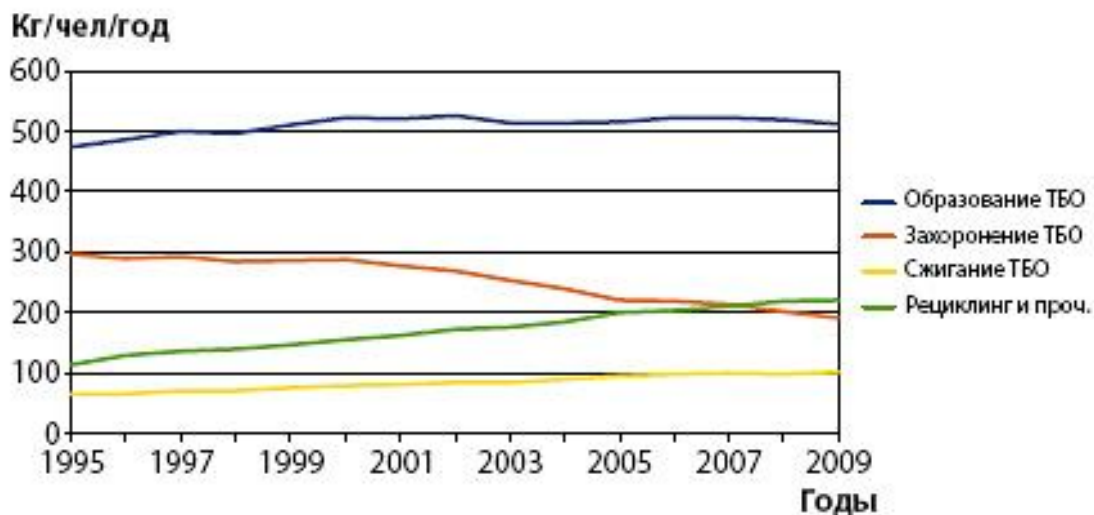


Рисунок 4 – Образование, утилизация и захоронение муниципальных отходов в странах ЕС

3 Ознакомьтесь с основными положениями Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением.

Вопросы для самоконтроля

1 Почему страны ЕС стремятся выработать единую политику по управлению отходами? Свидетельствует ли это о снижении политической независимости отдельных государств?

2 В чем достоинства принципа расширенной ответственности?

3 Почему уровень тарифов на переработку тонны бытовых отходов колеблется в среднем от 135 до 230 евро?

4 Что позволяет располагать в самом Цюрихе два мусоросжигающих завода? Почему «зеленые» не протестуют против этого?

5 Какие страны ЕС стабилизировали образование ТБО? За счет чего это было достигнуто?

6 Почему в прибалтийских государствах (бывших республик СССР) преобладает захоронение отходов?

7 Какой европейский опыт вы считаете наиболее интересным?

8 Должна ли Беларусь стремиться к выполнению Директив ЕС по управлению отходами? Почему?

9 Какие отходы согласно Приложению I к Базельской конвенции считаются опасными? Считаются ли они опасными в Беларуси?

10 Может ли Беларусь вводить запрет на ввоз определенных отходов?

Литература

- 1 Всемирный банк: глобальное исследование «мусорной» ситуации // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 8. – С. 42–49.
- 2 Бабанин, И. В. Отходы в странах Европейского Союза: статистика и динамика / И. В. Бабанин // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 6. – С. 68–71.
- 3 Ковальчик, Н. В. Сравнительная оценка управления отходами в Беларуси и Европейском Союзе / Н. В. Ковальчик, М. И. Струк, В. С. Хомич // Весн. Беларускаго гос. ун-та. Сер. 2, Химия. Биология. Географія. – 2011. – № 1. – С. 91–94.
- 4 Методы обращения с бытовыми отходами. Швеция // Рециклинг отходов. – 2009. – № 1 (19). – С. 18–19.
- 5 Смирнова, Е. Вывоз и утилизация отходов в Цюрихе / Е. Смирнова // Экомониторинг. – 2012. – № 5. – С. 24–28.
- 6 Сопилко, Н. Ю. Переработка отходов: анализ мировых тенденций / Н. Ю. Сопилко // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 11. – С. 42–45.
- 7 Waste // European Commission [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://ec.europa.eu/environment/waste.htm>. Date of access: 19.07.2012.

Тема 3

Экологическая безопасность при захоронении отходов

- 1 Геохимические и геофизические методы мониторинга.
- 2 Оценка воздействия полигонов на окружающую среду.
- 3 Модель экологически безопасного полигона.
- 4 Критерии выбора площадок для размещения полигонов.

Размещение полигонов ТБО является одной из сложнейших задач, поскольку они относятся к экологически опасным объектам. В XX веке строительство полигонов осуществлялось, как правило, без учета геологического строения, гидрогеологических, ландшафто-геохимических и др. условий, т. е. без учета природоохранных требований. В процессе эксплуатации полигона, а также в течение продолжительного времени после его рекультивации происходит выделение свалочных газов, образуются фильтрационные воды, меняются геопоказатели грунтов под телом полигона, что приводит к увеличению их фильтрационной способности и, как следствие, к загрязнению грунтовых вод. Однако большинство функционирующих и закрытых полигонов фактически не оборудованы инженерными сооружениями, позволяющими обеспечить максимальное снижение загрязнения окружающей среды.

Эксплуатация полигона должна сочетаться с методически проводимыми производственным контролем (поступающих отходов, работы системы сбора и утилизации биогаза, эффективности очистки фильтрационных вод и др.) и мониторинговыми исследованиями (состояния атмосферного воздуха, качества подземных и поверхностных вод, анализ почвы по микробиологическим, химическим и санитарно-эпидемиологическим показателям).

Для того, чтобы «увидеть» внутреннюю структуру полигона и обнаружить очаги загрязнения, наряду с геохимическими все шире используются геофизические методы. Геохимические методы основаны на отборе проб на поверхности и в скважинах. Они дают информацию о геохимической обстановке в отдельных точках с последующей интерполяцией полученных данных на всю изучаемую площадь или разрез. Но информация, полученная экологической геофизикой, дает возможность наиболее полно оценить экологические риски, связанные с местами складирования ТБО.

Например, с помощью *метода электропотенциального томографического зондирования (ЭПТЗ)* выполняется дефектоскопия глиняных котлованов и устанавливаются места локализации фильтрата. *Метод естественного электрического поля* позволяет выявить места разгрузки (просачивания) фильтрата.

Российскими специалистами разработана оценочная модель воздействия полигонов на окружающую среду (таблица 2). Зона загрязнения вокруг крупных полигонов (>16 га) достигает 1,5 км (по направлению массопереноса), средних (4-16 га) – 800-900 м, мелких (< 4 га) – 500-600 м (Грибанова, Гудкова, 2008).

Таблица 2 – Оценка воздействия полигонов ТБО на окружающую среду

Степень воздействия	Критерий			
	Подземные воды	Поверхностные воды	Почвы	Растительность
Допустимая	Элементы I-IV класса опасности – ПДК < 1		$Z_c^* < 16$	$Z_c < 8$
Умеренно опасная	Элементы I-II класса опасности – ПДК = 1-2,5; элементы III-IV класса опасности – ПДК = 1-10		$Z_c=16-32$	$Z_c=8-32$
Опасная	Элементы I-II класса опасности – ПДК = 2,5-5; элементы III-IV класса опасности – ПДК = 10-50		$Z_c=32-128$	$Z_c=32-128$
Чрезвычайно опасная	Элементы I-II класса опасности – ПДК > 5; элементы III-IV класса опасности – ПДК > 50		$Z_c > 128$	$Z_c > 128$

Примечание – * Z_c – суммарный показатель загрязнения компонентов окружающей среды

По особенностям расположения полигоны разделяют на несколько типов. Наиболее распространенными являются: *тип холма* (при этом фильтрат будет стекать по бокам; необходима подъездная дорога, позволяющая мусоровозам взбираться наверх) и *тип карьера*.

Созданы модели экологически безопасных закрытых полигонов (рисунок 5). Проект и строительство таких полигонов направлены на изоляцию содержимого полигона от окружающей среды.

Неотъемлемыми компонентами их являются: прослойки (мембраны), применяемые в целях защиты подземных вод от загрязненного фильтрата; контроль за стоком; система сбора и очистки фильтрата; мониторинговые скважины; соответствующий дизайн завершающего покрытия. Во время активного срока службы полигона образующийся фильтрат собирается и очищается подобно сточным водам. Однако образующийся на полигонах фильтрат необходимо будет собирать в течение сотен лет.

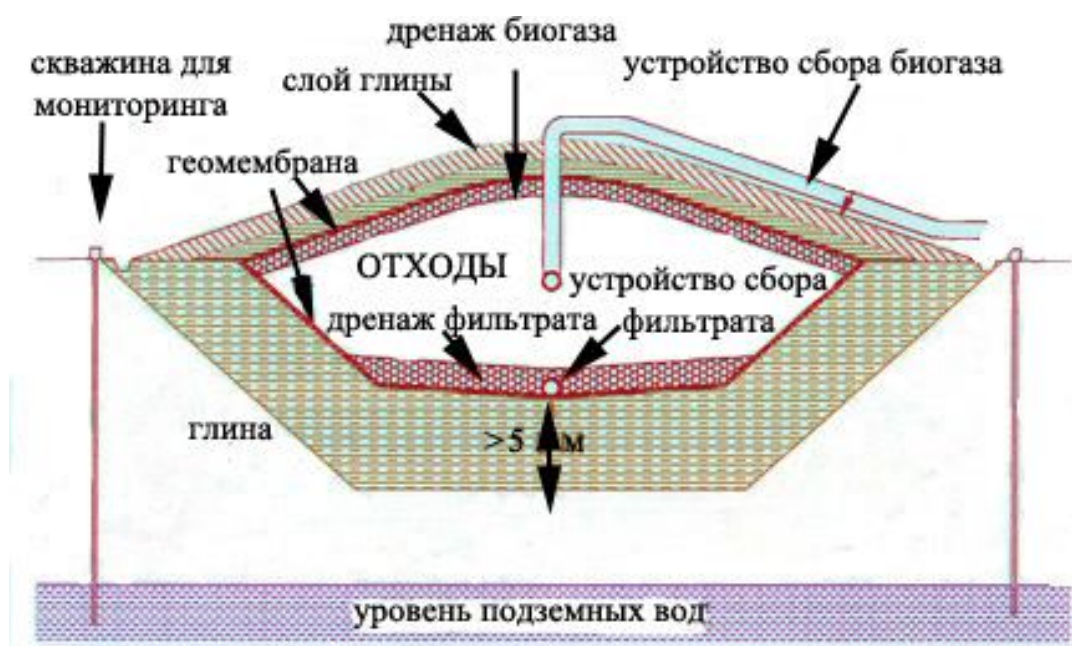


Рисунок 5 – Схема экологически безопасного полигона

В ходе периода эксплуатации полигона и периода биоразложения необходимо использовать оборудование (рисунок 6) по сбору и сжиганию биогаса для получения электроэнергии и предотвращения загрязнения атмосферы (а также самовоспламенения). Объем и химический состав газа определяются целым комплексом факторов: возрастом полигона, состава и плотности отходов, климатических факторов.

Современные технологии позволяют из 1 тонны бытовых отходов получить до 250 м³ свалочного газа с содержанием метана 50-80%. Газ, полученный из 1 млн. тонн ТБО, в течение 15-20 лет обеспечит работу двигателя электрической мощностью 600-1000 кВт.

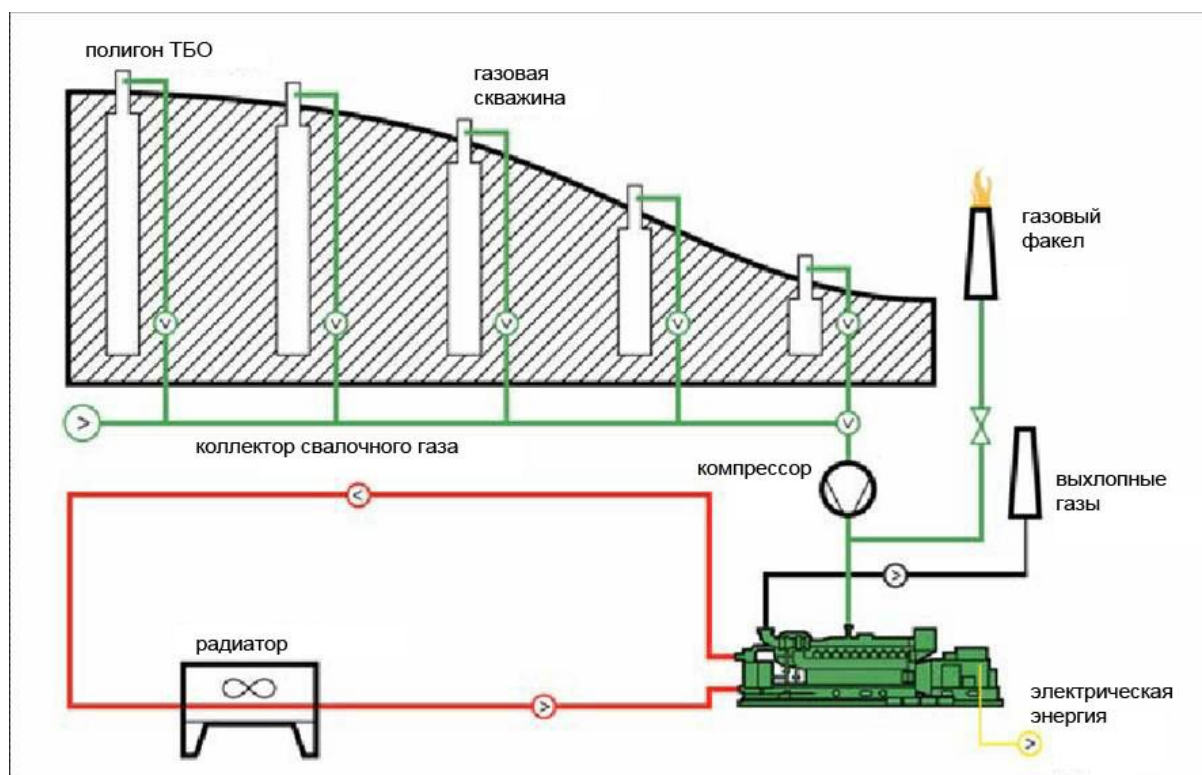


Рисунок 6 – Схема использования биогаза с полигона ТБО

Таким образом, природоохранные мероприятия на полигонах должны быть направлены, прежде всего, на организацию сбора и обработки фильтрата, загрязненных поверхностных вод, на сбор и утилизацию свалочного газа, создание защитных экранов основания, бортов и поверхности полигона, инженерную подготовку.

Задания

1 Проанализируйте критерии выбора (Коротаев и др., 2008) площадок для размещения полигонов ТБО в России (таблица 3) с точки зрения экологической безопасности. Насколько они соответствуют правилам проектирования и эксплуатации объектов захоронения ТКО в Беларуси (2009)?

Таблица 3 – Критерии выбора площадок для размещения полигонов ТБО в России

Критерий	Критериальные условия	Значение критерия	Примечание
<i>Градостроительные критерии</i>			
Удаленность от жилой застройки	Максимальная	500 м	Рекомендуется не менее 2 км
Генплан населенного пункта	Не противоречит	Промышленно-складская или пригородная зона	
Проект районной планировки	Учитывает		
Удаленность от границ города	Минимальная	Менее 15 км	
Требуемая площадь	0,6 га/год на 100 000 чел.	Не менее 15 лет эксплуатации	
Удаление от аэродромов	Максимальное	10 км	
<i>Ландшафтно-топографические критерии</i>			
Ландшафт	Возвышенность	Уклон 0,001-0,01, одноклоновый	Плоские поверхности, некрутые холмы
	Карьер	Глина, суглинок. Остаточный слой не менее 2 м	Незатапливаемые карьеры или овраги
Хозяйственное Использование	Группа лесов	Не выше второй	
	Сельхозугодья	Малоценные	
<i>Климатические критерии</i>			
Осадки	Минимальное количество	Превышение слоя осадков над испарением менее 100 мм	
Ветер	Роза ветров	От населенного пункта	
<i>Геологические критерии</i>			
Поверхностные грунты	Глина, суглинки		Песчаники, подстилаемые глинами
Мощность	Максимальная	Не менее 2 м	
Геологические разломы	Отсутствуют		
<i>Гидрогеологические критерии</i>			
Уровень грунтовых вод	Минимальный	Более 2 м	Установившийся

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
Подземные водозаборы	Максимальная удаленность	За вторым поясом зоны санитарной охраны	
Направление подземного стока	Однонаправленное, от водозаборов, в сторону водоемов, не имеющих рекреационного значения		
Гидрологические критерии			
Удаленность от поверхностных водоемов		Не менее 500 м	
Удаленность от поверхностных водозаборов	Максимальная	За вторым поясом зоны санитарной охраны	
Болота	Глубина	Не более 1 м	
Паводковое затопление		Отсутствует	
Транспортные критерии			
Удаленность от автодорог	Минимальная	Не более 500 м	
Удаленность от автомагистралей	Максимальная	Не менее 50 м	
Ресурсно-экологические критерии			
Полезные ископаемые	Отсутствуют на поверхности и в зоне аэрации		
ООПТ, санитарно-курортные, рекреационные зоны	Отсутствуют	Необходимо учитывать перспективу	
Санитарно-гигиенические критерии			
Санитарно-защитная зона		500 м	
Зоны санитарной охраны источников водоснабжения	За пределами второго пояса зоны санитарной охраны		

2 Пользуясь фотоматериалом (рисунок 7), выявите нарушения, допущенные при строительстве и эксплуатации полигонов. Что из представленного характеризует современное состояние полигонов и мини-полигонов, расположенных на территории Беларуси?



а



б



в



г

Рисунок 7 – Полигоны (а, б) и мини-полигоны (в, г)

Вопросы для самоконтроля

- 1 В чем преимущества геофизических методов исследования полигонов?
- 2 Почему современные полигоны, как правило, не являются экологически безопасными?
- 3 Опишите конструктивные особенности экологически безопасного полигона.
- 4 Есть ли принципиальные отличия в требованиях по строительству полигонов в России и Беларуси? Чем это вызвано?
- 5 Каковы критерии допустимого воздействия полигонов на окружающую среду?
- 6 Почему на полигонах возможны самовозгорания и взрывы?
- 7 Почему вокруг полигона превышение слоя осадков над испарением должно быть менее 100 мм?

Литература

- 1 Башкин, В. Н. Экологические риски: расчет, управление, страхование / В. Н. Башкин. – М.: Высш. шк., 2007. – 360 с.
- 2 Гапонов, Д. А. Исследования полигонов и свалок: геофизические методы / Д. А. Гапонов // Твердые бытовые отходы. – 2010. – № 7. – С. 38–41.
- 3 Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых коммунальных отходов: СанПиН 2.1.7.12-9–2006 / постановление гл. госуд. санитарного врача Респ. Беларусь, 29 мая 2006 г., № 68 // сб. официальных документов по коммунальной гигиене. – Минск: Министерство здравоохранения Респ. Беларусь, 2006. – Ч. 7. – 58 с.
- 4 Грибанова, Л. П. Экологическая реабилитация в зонах влияния полигонов / Л. П. Грибанова, В. Н. Гудкова // Твердые бытовые отходы. – 2008. – № 9. – С. 18–23.
- 5 Об обращении с отходами: Закон Респ. Беларусь, 20 июля 2007 г., № 271-З // Нац. реестр правовых актов, 2007. – № 183. – 2/1368. – 7 с.
- 6 Коротаяев, В. Н. Выбор площадки для размещения полигона / В. Н. Коротаяев, М. В. Гагарина, Г. Т. Армишева // Твердые бытовые отходы. – 2008. – № 1. – С. 24–28.

Тема 4

Экологическое состояние полигонов ТКО в Беларуси

- 1 Сеть полигонов и мини-полигонов.
- 2 Загрязнение грунтовых вод вблизи полигонов.
- 3 Влияние противofильтрационного экрана.

В Беларуси насчитывается около 200 полигонов (из них в Гомельской области – 31), которые обслуживают областные и районные центры, крупные поселки городского типа. В каждом районе имеется один, реже 2–3 полигона. Централизованным вывозом коммунальных отходов охвачены сельские населенные пункты, для обслуживания которых создано более 3700 мини-полигонов (в Гомельской области – 747). На полигоны наряду с коммунальными вывозятся промышленные отходы, подобные твердым бытовым (промышленно-бытовой мусор и др.), а также некоторые отходы производства: неопасные и 3–4 классов опасности. Велика доля отходов производства крупных промышленных городов, в которых отсутствуют специальные объекты, предназначенные для захоронения производственных отходов.

Многие полигоны устарели, переполнены, кроме того распространена практика организации мини-полигонов – малоорганизованных мест захоронения отходов. Так, в лесных массивах расположено и непосредственно примыкает к его границам более 1000 мини-полигонов (большинство из них находится на балансе ЖКХ). Из них около 70% содержатся с нарушением санитарных норм, несвоевременно проводится подбуртовка отходов и их пересыпка инертным материалом, не произведено огораживание. Все это приводит к постоянному засорению прилегающих лесных массивов. В настоящее время происходит сокращение количества мини-полигонов.

Основными факторами экологических рисков являются образующиеся фильтрат и биогаз. Но в Беларуси мониторинг атмосферного воздуха на полигонах не ведется. Фильтрат не собирается, из-за чего происходит его растекание (рисунок 8). Средние значения образования фильтрата на полигонах составляют 1–6 м³/га×сут. Разнообразие отходов определяет широкий спектр содержащихся в них химических элементов и веществ, следовательно, и в фильтрате. Кроме того, ряд токсичных веществ образуется в результате постоянно протекающих в теле полигона химических реакций.



Рисунок 8 – Гомельский городской полигон (вид сверху)

Эксплуатация полигона ТКО г. Гомеля (с 1968 г.) осуществляется с большим количеством нарушений санитарных и технических норм: отсутствует противофильтрационный экран, полигон обвалован частично, расположен на заболоченном участке и др. Высота полигона – около 22 м, площадь – 12 га, масса мусора – около 5 млн. т. Складываемые на городском полигоне отходы по сравнению с региональным кларком содержат больше тяжелых металлов: меди – в 65 раз, свинца – 30, хрома – 15 раз, никеля – 10 и др. Основное направление грунтового потока – юго-западное, в сторону р. Уза. За время эксплуатации полигона фронт загрязнения грунтовых вод минеральными компонентами продвинулся в этом направлении более чем на 340-350 м. В теле свалки находится более 8 млн. м³ биогаза, что указывает на возможность его использования для получения тепла и электричества.

Вокруг полигона формируются своеобразные экологические условия, которые по многим параметрам (более тепло в зимний период, стабильная пищевая база, наличие разнообразных укрытий) являются благоприятными для обитания ряда животных, требующих особого внимания с санитарно-эпидемиологической точки зрения, в т. ч. крыс (черной и серой) и белозубки малой. Эти мелкие млекопитающие активно перемещаются к жилищу человека и поэтому играют важную роль в распространении целого ряда опасных природно-очаговых заболеваний.

С целью улучшения экологического состояния полигонов и мини-полигонов в Гомельской области за последние годы из местных фондов охраны природы направлено 7,4 млрд. рублей. Предусмотрено в 2012 г. выделить более 1 млрд. рублей.

Задания

1 Определите общую минерализацию грунтовых вод в зонах влияния полигонов (таблица 4), выявите закономерность минерализации вод от их удаленности от полигона.

Таблица 4 – Минерализация грунтовых вод вблизи полигонов ТБО в Беларуси

Характеристики	Название полигона ТКО (расположение), № шурфа				
	«Береза», (Береза) 609	«Береза», (Береза) 613	«Ксты» (Полоцк), 136	«Южный» (Гомель), 24	«Южный» (Гомель), 23
Удаленность шурфа и глубина, м	10/1,2	500/2,0	10/1,6	50/1,1	150/0,6
Химический состав грунтовых вод:					
pH	7,4	7,9	8,6	7,2	5,6
HCO_3^-	356,2	287,9	707,6	268,4	30,5
Cl^-	5516,8	106,0	2365,3	255,3	205,7
SO_4^{2-}	1497,1	78,2	504,0	124,0	186,6
NO_3^-	48,5	14,0	184,6	387,6	10,1
Ca^{2+}	454,1	83,2	52,0	20,0	42,1
Mg^{2+}	84,8	18,7	127,2	6,0	9,6
Na^+	3331,8	58,0	1784,8	14,0	6,3
K^+	1497,1	37,0	218,4	0,9	0,1
NH_4^+	49,5	3,3	3,1	17,5	0,4
Сумма ионов (мг/л)	...	...	....	...	...

2 Результаты комплексных экологических обследований (Ерошина и др., 2012) ряда полигонов Минской области представлены в таблице 5. Группирование полигонов специалистами основано на приуроченности к определенному геолого-генетическому комплексу, а также с учетом наличия или отсутствия противифльтрационного экрана в основании полигона:

- I группа – полигон расположен в области развития болотно-аллювиального комплекса (гумусированные пески, торфы), постоянно подтапливается грунтовыми и поверхностными водами;
- II группа – полигон расположен в области развития аллювиальных песков с глубиной залегания грунтовых вод 1-2 м;
- III и IV группы – в основании полигонов залегают флювиогляциальные (водно-ледниковые) отложения, представленные песками с редкими прослоями супесей и суглинков, подземные воды – 3-3,4 м;
- V и VI группы – в основании полигонов залегают моренные и конечно-моренные образования, сложенные в основном супесями и суглинками, глубина залегания подземных вод более 10 м;
- полигоны I, II, III и V групп не имеют противодиффузионные экраны, а IV и VI групп имеют.

Найдите суммарный индекс загрязнения. Как наличие экранов влияет на его значение? В каких группах полигонов ведется мониторинг подземных вод? Чем это вызвано? Насколько велика доля полигонов, на которых не ведется мониторинг?

Таблица 5 – Загрязнение подземных вод вблизи полигонов ТБО в Минской области

Характеристики	Группа полигонов					
	I	II	III	IV	V	VI
Количество полигонов в группе	1	1	7	9 (3)*	8 (2)	11 (3)
Средний уровень подземных вод, м	0,4	1,5	3,0	3,4	10,6	10,36
Средний коэффициент загрязнения подземных вод:						
макрокомпоненты	72,55	54,36	17,17	6,96	5,83	3,33
микроэлементы	33,40	16,34	16,54	6,68	6,21	2,22
органические вещества	6,12	4,06	1,12	2,40	1,07	0,75
Суммарный индекс загрязнения	...	...	...	...	...	...

Примечание: – * – в скобках указано количество полигонов, на которых не ведется мониторинг подземных вод

3 Посмотрите видеофильм об экологическом состоянии полигонов. В чем состоят основные проблемы их содержания, и как они определяют величину экологического риска для окружающей среды?

Вопросы для самоконтроля

1 Приведите факты, подтверждающие высокую степень загрязнения подземных вод вблизи полигонов.

2 Во сколько раз снижает загрязнение подземных вод наличие гидроизоляционного экрана?

3 Почему количество мини-полигонов нужно уменьшать?

4 В чем своеобразие экологических условий вблизи полигонов?

5 Какие меры необходимо предпринять для улучшения экологической обстановки вблизи полигонов?

Литература

1 Ерошина, Д. М. Факторы экологических рисков от полигонов в Республике Беларусь / Д. М. Ерошина, В. В. Ходин, А. Л. Демидов // Твердые бытовые отходы. – 2012. – № 5. – С. 31–35.

2 Лысухо, Н. А. Отходы производства и потребления, их влияние на природную среду / Н. А. Лысухо, Д. М. Ерошина. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2011. – 210 с.

3 Потапов, П. А. Методы локализации и обработки фильтрата полигонов захоронения твердых бытовых отходов / П. А. Потаров, Е. И. Пупырев, А. Д. Потапов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2004. – 168 с.

4 Саварин, А. А. Морфометрические и краниологические особенности белозубки малой (*Crocідura suaveolens*) юго-востока Беларуси / А. А. Саварин // Вестник БГПУ им. М. Танка. Сер. 3. – 2009. – № 2. – С. 50–54.

5 Хомич, В. С. Техногенные гидрохимические аномалии в зонах воздействия полигонов твердых отходов / В. С. Хомич, Н. В. Ковальчик, Т. И. Кухарчик // Весн. Белорусского гос. ун-та. Сер. 2, Химия. Биология. География. – 2006. – № 1. – С. 65–70.

Тема 5

Термическая переработка отходов

- 1 Преимущества термической переработки.
- 2 Низкотемпературный и высокотемпературный пиролиз.
- 3 Теплота сгорания отходов.
- 4 Пути обеспечения экологической безопасности.

Бытовые отходы содержат до 70-80 % органической (биоразлагаемой) фракции, поэтому для их переработки часто применяют термические методы. *Термическая переработка* – это совокупность процессов температурного воздействия на отходы для уменьшения их количества (в 5–10 раз), обезвреживания (уничтожение патогенной микрофлоры), получения энергоносителей (в виде газа, пара, органической жидкости) и инертных материалов. Получаемые отходы: выходящие газы; сточные воды; летучая зола и шлак. Количество и состав дымовых газов зависят от состава отходов, оборудования и режима процесса. Так, при слоевом сжигании из 1 т ТБО образуется 4,5–6 тыс. м³ газов; при газификации отходов или их сжигании с использованием кислородного дутья объем отходящих газов снижается до 1000 м³/т. Помимо отходящих газов, при сжигании 1 т отходов образуется 700–1100 м³ водяного пара, 200–400 кг шлака и 20–50 кг летучей золы.

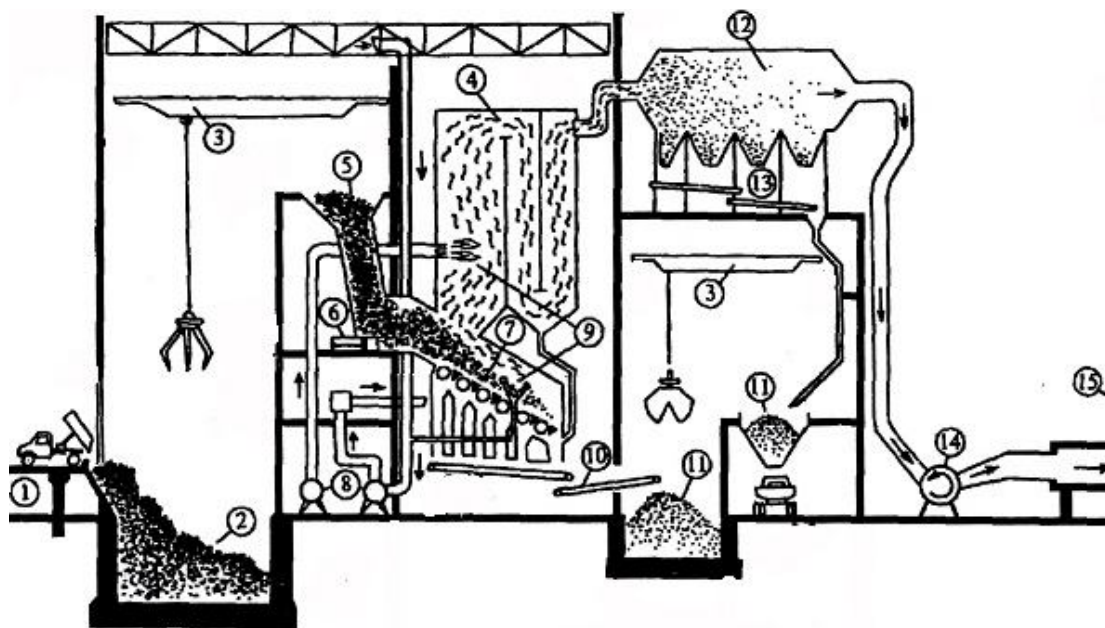
Самый распространенный термический метод – сжигание (рисунок 9). Из общих объемов бытового мусора доля сжигания колеблется: в Англии, США – 15–20%, Австрии, Италии, Франции, Германии – от 20 до 40 %; Бельгии, Швеции – 50 %; Японии – 70 %; Дании, Швейцарии 80 % (в России – около 2 %). Для крупных городов с населением более 0,5 млн. жителей целесообразно использовать термические методы обезвреживания ТБО.



Рисунок 9 – Внешний вид мусоросжигательного завода

Термические методы переработки и утилизации разделяют на три главных способа:

– *слоевое сжигание неподготовленных отходов* в мусоросжигательных котлоагрегатах (МСК) (рисунок 10). При сжигании выделяется много загрязняющих веществ, поэтому все современные мусоросжигательные заводы оборудованы устройствами для улавливания загрязняющих веществ, стоимость их достигает 30 % капитальных затрат на строительство МСЗ;



1 – подъездная эстакада; 2 – бункер-накопитель мусора; 3 – грейферные краны; 4 – котлоагрегат; 5 – загрузочная воронка; 6 – гидравлический толкатель; 7 – валковая решётка; 8 – дутьевые вентиляторы; 9 – газовые горелки; 10 – шлакоудалитель; 11 – бункер шлака; 12 – электрофильтр; 13 – транспортеры золоудаления; 14 – дымосос; 15 – дымовая труба

Рисунок 10 – Технологическая схема сжигания

– *слоевое или камерное сжигание специально подготовленных отходов* (освобожденных от балластных фракций) в энергетических котлах совместно с природным топливом или в цементных печах;

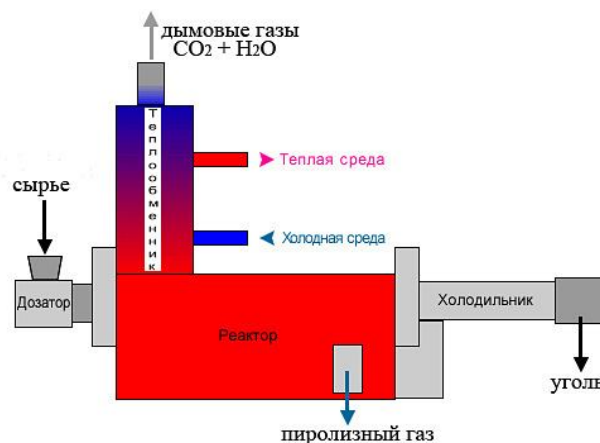
– *пиролиз отходов*, прошедших предварительную подготовку или без нее (рисунок 11). Технология пиролиза заключается в необратимом химическом изменении мусора под действием температуры без доступа кислорода (процесс эндотермический). По степени температурного воздействия пиролиз условно разделяется на низкотемпературный (до 900° С) и высокотемпературный (свыше 900° С).

Процесс *низкотемпературного пиролиза* имеет несколько вариантов:

- 1) пиролиз органической части отходов под действием температуры в отсутствии воздуха;
- 2) пиролиз в присутствии воздуха, обеспечивающего неполное сгорание отходов при температуре 760°C ;
- 3) пиролиз с использованием кислорода вместо воздуха для получения более высокой теплоты сгорания газа;
- 4) пиролиз без разделения отходов на органическую и неорганическую фракции при температуре 850°C и др.



а)



б)

Рисунок 11 – Пиролизная печь (а)
и схема пиротеплогазогенератора (б)

Повышение температуры приводит к увеличению выхода газа и уменьшению выхода жидких и твердых продуктов. Преимущество пиролиза по сравнению со сжиганием заключается в его эффективности с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды. С помощью пиролиза можно перерабатывать составляющие отходов, неподдающиеся утилизации, такие, как автопокрышки, пластмассы, отработанные масла и др. После пиролиза не остается биологически активных веществ, поэтому подземное складирование пиролизных отходов не наносит вреда природной среде. Образующийся пепел имеет высокую плотность, что резко уменьшает объем отходов, подвергающийся подземному складированию. К преимуществам пиролиза относятся легкость хранения и транспортировки получаемых продуктов.

Высокотемпературный пиролиз – газификация мусора. Технологическая схема этого способа предполагает получение из биологической составляющей отходов вторичного синтез-газа (смесь CO и H_2) с целью использования его для получения пара, горячей воды, электроэнергии.

Получаемые отходы: твердые продукты в виде шлака (не пиролизуется). Технологическая цепь состоит из этапов:

- отбор из мусора крупногабаритных предметов, цветных и черных металлов с помощью электромагнита и путем индукционного сепарирования;
- переработка подготовленных отходов в газификаторе для получения синтез-газа и побочных химических соединений – хлора, азота, фтора, а также шлака при расплавлении металлов, стекла, керамики;
- очистка синтез-газа с целью повышения его экологических свойств и энергоемкости, охлаждение и поступление его в скруббер для очистки щелочным раствором от загрязняющих веществ соединений хлора, фтора, серы, цианидов;
- сжигание очищенного синтез-газа в котлах-утилизаторах для получения пара, горячей воды или электроэнергии.

Высокотемпературный пиролиз не только является одним из экологически безопасных способов переработки отходов, он также важен для получения вторичных полезных продуктов (синтез-газа, шлака, металлов и др.). Он дает возможность перерабатывать отходы без их предварительной подготовки, т. е. сортировки, сушки и т. д.

Обозначив органические отходы химической формулой $C_xH_yO_z$, запишем схему реакции пиролиза:



В результате процесса образуются газовая смесь и твердый углеродистый остаток (*пирокарбон*). Газовая смесь очищается от пыли в циклоне, проходит через конденсатор, в котором газовая фаза отделяется от жидких продуктов пиролиза (смеси смолы и воды). Газообразные продукты направляются вентилятором на сжигание в топку.

Пирокарбон используется в качестве сорбента для очистки стоков полигонов (в т. ч. фильтрационных), очистки ливневых стоков промышленных зон городов (разработаны фильтры – патроны, которые вставляются в люки ливневой канализации), наполнителя асфальтобетонных смесей, производства кровельных материалов и труб.

Различие отходов по источникам образования и физико-химическим свойствам определяет многообразие технических средств и оборудования для сжигания. Для повышения экологической безопасности соблюдают следующие условия: температура сжигания (зависит от вида сжигаемых веществ); продолжительность высокотемпературного сжигания; создание воздушных потоков для полноты сжигания.

Ведутся исследования по совершенствованию процессов сжигания. Современный способ – замена воздуха на кислород, что снижает объем горючих отходов, изменяет их состав, дает стеклообразный шлак.

Топливо из ТБО получают в измельченном состоянии, в виде гранул и брикетов. *Предпочтение отдается гранулированному топливу*, так как сжигание измельченного топлива сопровождается большим пылевыносом, а использование брикетов создает трудности при загрузке в печь и поддержании устойчивого горения. Кроме того, при сжигании гранулированного топлива намного выше КПД котла.

Мусоросжигательными заводами выбрасываются в газообразном виде HCl, HF, SO₂, твердые частицы тяжелых металлов: Fe, Mn, Sb, Cr, Co, Cu, Ni, Ag, Hg и др. Содержание Cd, Pb, Sn и Zn в копоти и пыли, выделяющихся при сжигании твердых горючих отходов, изменяется пропорционально содержанию в мусоре пластмассовых отходов. Выбросы Hg обусловлены присутствием в отходах термометров, сухих гальванических элементов и люминесцентных ламп. Наибольшее количество Cd содержится в синтетических материалах, стекле, коже, резине. Уменьшение загрязнения воздуха достигается за счет отделения из горючей фракции полимерных материалов.

Отходы могут обезвреживаться в *плазменной дуге* при температуре около 4000° С. В плазмотроне молекулы расщепляются на атомы, электроны, ионы. Научные исследования в этом направлении особенно важны для уничтожения стойких органических загрязнителей. Например, степень разложения полихлорированных дибензодиоксинов и фуранов (ПХДД и ПХДФ), полихлорбифенилов (ПХБ), хлор-, фтор-, сера- и фосфорсодержащих пестицидов достигла 99,9999 %. Плазменное обезвреживание непригодных пестицидов является актуальным и для Беларуси. Так, на комплекс промышленных отходов в населенном пункте Дубровка Чечерского района перевезено за 2008–2011 гг. на хранение более 1130 т опасных пестицидов (метафос, гранозан, дихлорфос, изофен – все II класс опасности и др.).

Задания

1 Зная теплотворность тех или иных компонентов, рассчитайте, сколько энергии можно получить из 1 т отходов указанного состава. Результаты представьте в виде таблицы 6.

Таблица 6 – Теплотворность компонентов ТБО

Компонент отходов	Теплота сгорания (ккал/ кг)	Массовая доля в отходах	Количество энергии
Пищевые отходы	1400	0,3	
Бумага	3900	0,4	
Древесина	6000	0,1	
Текстиль	6500	0,05	
Пластмасса	10000	0,14	
Кожа	11000	0,01	
Всего			

2 Используя данные таблицы 7, выявите преимущества и недостатки каждой высокотемпературной технологии.

Таблица 7 – Термические методы переработки отходов

Характеристика	Сжигание, 650° С	Низкотемпературный пиролиз, 800° С	Высокотемператур- ный пиролиз, 1800° С	Плазменное разложение, 2500° С	Сверхкритическое водное окисление, 600° С, Р = 300 атм.
Степень разрушения, %	70	90	100	100	100
Уровень выбросов дымовых газов	Высокий	Средний	Низкий	Очень низкий	Выбросов нет
Масса токсичной зо- лы, %	30	10	Нет	Нет	Нет
Необходимость сортировки	Есть	Нет	Нет	Нет	Есть
Объем инвестиций на тонну годовой мощ- ности, RUR/т	≈ 3000	≈ 3200	≈ 2500	> 20 000	≈ 2000

Вопросы для самоконтроля

- 1 В чем состоят важнейшие отличия сжигания от пиролиза?
- 2 Почему в России такой низкий уровень термической переработки отходов, а в Дании и Швейцарии – высокий?
- 3 Какие компоненты отходов имеют наивысшую теплоту сгорания?
- 4 Почему пластмассу нецелесообразно пускать на топливо?
- 5 Где находит практическое применение пирокарбон?
- 6 Опишите технологическую схему сжигания.
- 7 Где находит применение синтез-газ, кроме сжигания?
- 8 Почему плазменное разложение не нашло пока широкого применения?

Литература

- 1 Бернадинер, М. Н. Высокотемпературная переработка отходов. Плазменные источники энергии / М. Н. Бернадинер, И. М. Бернадинер // Твердые бытовые отходы. – 2011. – № 4. – С. 16–19.
- 2 Кайгородов, О. Н. Методики получения альтернативного топлива из ТБО и автопокрышек / О. Н. Кайгородов // Цемент и его применение. – 2007. – № 4. – С. 1–3.
- 3 Падалко, О. В. Высокотемпературная газификация отходов / О. В. Падалко // Твердые бытовые отходы. – 2009. – № 3. – С. 25–31.
- 4 Протасов, В. Ф. Экология, здоровье и охрана окружающей среды в России / В. Ф. Протасов. – М.: Финансы и статистика, 2000. – С. 433.
- 5 Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2000. – С. 715–755.
- 6 Шубов, Л. Я. Технологии отходов (Технологические процессы в сервисе) / Л. Я. Шубов, М. Е. Ставровский, Д. В. Шехирев. – М.: ГОУВПО «МГУС», 2006. – С. 215–275.

Тема 6

Обращение с радиоактивными отходами (РАО)

- 1 Современные тенденции в обращении с РАО.
- 2 Методические подходы в обращении с РАО.
- 3 Ядерный топливный цикл.

Аварии на атомных объектах последних лет, прежде всего, на Фукусима-1 (11.03.2011), заставляют принять адекватные меры по проектированию и эксплуатации АЭС, мониторингу пунктов окончательной изоляции РАО. После аварии в Японии Германия отключила все старые реакторы, а затем вообще приняла решение отказаться от использования атомной энергии до 2022 года. В России также прошли мероприятия по проверке работы систем безопасности АЭС.



Рисунок 12 – Разрушения на Фукусима-1

Рост антиядерных настроений ускорил пересмотр позиции Евросоюза в обращении с РАО в сторону ужесточения правил утилизации. Несмотря на разногласия между государствами в области единых стандартов по строительству хранилищ, все-таки была принята Директива 2011/70/ЕС. Согласно Директиве *ядерные отходы будут храниться в глубинных подземных бункерах, созданных в гранитных или глинистых породах на глубине не менее 300 м*. Наземные хранилища сочли ненадежными. Поэтому в дальнейшем необходимо разработать Директиву о строительстве хранилищ для отработавшего топлива и радиоактивных отходов со всеми техническими характеристиками.

Однако включен пункт, *разрешающий экспорт отходов ядерной индустрии в третьи страны*. Если государство-член ЕС поставляет РАО или ОЯТ в третью страну, то оно несет ответственность за их безопасность. Страна назначения должна иметь действующие хранилища, опыт обращения с таким материалом и программы по утилизации радиоактивных отходов, обеспечивающие уровень безопасности, соответствующий европейскому. Основные принципами в обращении с радиоактивными отходами должны стать:

- минимизировать образование РАО;
- все расходы по обращению с ОЯТ и РАО несут страны, на территории которых эти материалы были произведены;
- безопасность может быть достигнута на основе контроля и управления всеми этапами обращения с ОЯТ и РАО.

Директива обязывает 14 из 27 государств-членов ЕС, имеющих АЭС на своей территории, *представить к 2015 году национальные программы по складированию РАО*. Всего в Евросоюзе – более 140 атомных реакторов. *Предусмотрена возможность странам Евросоюза кооперироваться в строительстве общих хранилищ РАО*.

Согласно Закону «Об обращении с радиоактивными отходами» (от 11.07.2011 № 190-ФЗ) в России создается единая государственная система обращения, учета и контроля с РАО, устанавливаются требования к завершающей стадии использования атомной энергии и окончательному захоронению РАО. В России накоплено около 550 млн. т радиоактивных отходов, из которых: около 45 % хранятся в технологических емкостях, требующих постоянных мер по обеспечению безопасности, 40 % – в безопасном состоянии, остальные – не изолированы от окружающей среды или находятся во временных хранилищах. *К 2025 г. планируется кардинально изменить структуру РАО по типу хранения: около 90 % должны находиться в безопасном состоянии, а 8 % – в технологических емкостях*. Основным источником РАО по объемам – добыча и переработка сырья с повышенным содержанием естественных радионуклидов (90 %), второстепенную роль играют атомная энергетика (5 %) и военная промышленность (4 %).

О сложности обращения с РАО свидетельствует тот факт, что правительство США приняло в 2009 году решение не продолжать работы по строительству глубинного геологического хранилища "Юкка-Маунтин" на месте потухшего вулкана горы Юкка из-за сомнений в плане безопасности. Хранилище РАО и ОЯТ емкостью 77 тыс. т было рассчитано на 10 тыс. лет с размещением отходов в стальные кассеты (длина туннеля – 5 миль).



Рисунок 13 – Хранилище Yucca-Mountain (США)

Рассматривается возможность временного хранения отработавшего топлива в течение промежутков времени от 120 до 300 лет.

Серьезной проблемой остается высокая стоимость мероприятий по утилизации отходов. Так, В Ханфорде (США), строится крупнейшей в мире завод по обработке отходов стоимостью 12 млрд. долл. Завод введется в эксплуатацию лишь в 2019 г. Он будет обрабатывать и стабилизировать около 200 000 м³ сложных отходов посредством предварительной обработки с последующим остекловыванием.

Не удивительно, что в ЕС до сих пор нет ни одного хранилища для высокоактивных отходов и отработанного топлива. Большая часть хранится во временных хранилищах на протяжении долгого времени. Остается проблематичным соблюдение всех требований техники безопасности. Угроза опасности увеличивается вероятностью террористических актов и влияния экстремальных погодных условий. Кроме того, многоэтапная обработка отходов увеличивает риск аварий.

Актуальным для Беларуси является обеспечение радиационной безопасности на Игналинской АЭС. С начала эксплуатации станции ОЯТ хранилось в специальных бассейнах выдержки, оборудованных рядом с реакторными помещениями (временный способ хранения). Ядерное топливо после нескольких лет хранения в бассейнах извлекается из них, загружается в стальные или железобетонные контейнеры и перевозится в хранилище, находящееся рядом с электростанцией. После окончания срока эксплуатации хранилища (50 лет) будет построен глубинный могильник. Однако место расположения и технические характеристики будут обсуждаться в будущем.

Объем радиоактивных отходов в мире, находящихся на хранении, составляет около 17,6 млн. м³, из них: короткоживущие низко- и среднеактивные отходы – около 20 %, долгоживущие низко- и среднеактивные отходы – 77 %, высокоактивные отходы – до 3 %. Объем ежегодно накапливаемых обработанных высокоактивных отходов – 850 м³ в год.

Обращение с РАО происходит по следующей схеме:

1. Сбор, классификация и сортировка отходов по виду и уровню активности;
2. Кондиционирование – операция по изготовлению упаковки отходов (концентрирование, сжигание, прессование, дезактивация, размещение в контейнеры);
3. Долговременное хранение в наземных и приповерхностных сооружениях;
4. Транспортировка к месту захоронения;
5. Захоронение в приповерхностных и геологических формациях.

Обращение с жидкими радиоактивными отходами включает: хранение в специальных емкостях-хранилищах; нахождение в открытых водоёмах и специальных бассейнах; подземное захоронение в пластах-коллекторах и др. Стоимость переработки и хранения жидких РАО весьма высока (до 10 тыс. долларов/м³). Обращение с твёрдыми радиоактивными веществами включает: хранение в металлических ёмкостях, цементирование, прессование, сжигание, остекловывание (витрификация) и др.

Один из альтернативных способов обращения с РАО – *трансмутация* (например, деление долгоживущих трансурановых элементов и превращение их в менее опасные продукты деления). Исследования по трансмутации проводят и в Беларуси (Объединенный институт энергетических и ядерных исследований «Сосны» НАН Беларуси). Крупный научный проект в данном направлении осуществляется в США: к 2035 г. предполагается создание комплекса разделения (фракционирования) долгоживущих изотопов и трансмутации стоимостью более 11 млрд. долл. Вместе с тем, использование такого комплекса значительно повысит затраты на топливный цикл стандартных водо-водяных реакторов (до 2 раз).

Несмотря на то, что ядерная энергия используется уже с 1954 (первая АЭС, г. Обнинск), *ни одна страна не разработала и не внедрила эффективную стратегию утилизации всех видов радиоактивных отходов.*

Задания

1 Изучите схему обращения с ядерным топливом (рисунок 14). Какой из этапов может представлять наибольшую экологическую опасность? Ответ подтвердите известными фактами.



Рисунок 14 – Схема обращения с ядерным топливом в России

2 Какие конструктивные особенности приповерхностного могильника (курганный тип) РАО (мало- и среднеактивных) Игналинской АЭС (рисунок 15) могут обеспечить безопасность?

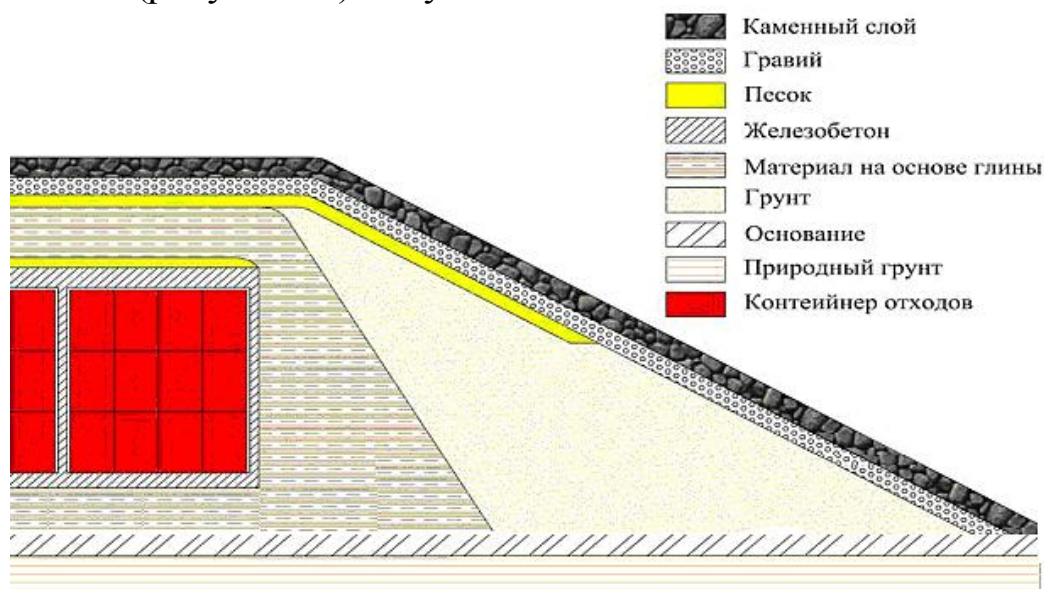


Рисунок 15 – Поперечный разрез секции могильника

Вопросы для самоконтроля

- 1 Что такое временное размещение отходов, какие материалы в таких хранилищах располагают?
- 2 Каковы современные тенденции в обращении с РАО?
- 3 Почему до сих пор не выработана единая стратегия по утилизации всех видов РАО?
- 4 Назовите этапы ядерного топливного цикла. Какие из них не могут происходить на территории Беларуси?
- 5 В чем преимущества и недостатки трансмутации по сравнению с другими способами обращения с РАО?

Литература

- 1 Давиденко, Н. Н. Обращение с отработавшим ядерным топливом в атомной энергетике: учебное пособие / Н. Н. Давиденко, К. В. Куценко, Г. В. Тихомиров, А. А. Лаврухин. – М.: МИФИ, 2007. – 136 с.
- 2 Миронов, В. П. Обращение с радиоактивными отходами: учебно-методическое пособие / В. П. Миронов, В. В. Журавков. – Минск: МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2009. – 172 с.
- 3 Михалевич, А. А. Атомная энергетика: состояние, проблемы и перспективы / А. А. Михалевич, М. В. Мясникович. – Минск: Беларус. навука, 2009. – С. 106.
- 4 Нойман, В. Утилизация ядерных отходов в Европейском союзе: рост объемов и никакого решения / В. Нойман. – Воронеж, 2011. – 68 с.
- 5 Обзор ядерных технологий – 2011 // International Atomic Energy Agency, IAEA [Electronic resource]. – 2012. – Mode of access: <http://iaea.org/About/Policy/GC/GC55/Agenda/index.html>. – Date of access: 08.08.2012.
- 6 Хранение отработавшего ядерного топлива // Игналинская атомная электростанция [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: iae.lt/ru. – Дата доступа: 05.08.2012.
- 7 Council Directive 2011/70/Euratom of 19 July 2011 establishing a Community framework for the responsible and safe management of spent fuel and radioactive waste // Official Journal of the European Union. – 02/08/2011. – № 199. – P. 48–56.

Приложение А

Словарь терминов

<i>Агломерат</i>	Промежуточный продукт переработки полимерных отходов в виде мелких шариков неправильной формы, нередко состоящие из полимеров различного типа.
<i>Биогаз</i>	Горючий газ, выделяющийся при разложении органических веществ растительного или животного происхождения в разряженной воздушной среде (анаэробная ферментация). Состоит в основном из CH_4 (45-65%) и CO_2 (25-45%).
<i>Безвозвратные отходы</i>	Отходы производства, которые невозможно, нецелесообразно или недопустимо использовать повторно.
<i>Вид отходов</i>	Совокупность отходов, которые имеют общие признаки в соответствии с их происхождением, свойствами, технологией обращения и относятся к одному и тому же классу опасности.
<i>Вермикультура</i>	Разведение дождевых червей для утилизации пищевых отходов, биомассы и навоза с целью получения удобрения (биогумуса).
<i>Гидролиз</i>	Химическая реакция между водой и различными веществами, приводящая к их распаду.
<i>Демеркуризация</i>	Извлечение из материала ртути или ее соединений.
<i>Инсинератор</i>	Установка для экологически безопасного термического обезвреживания (уничтожения) опасных отходов.
<i>Обращение с отходами</i>	Деятельность, в процессе которой образуются отходы, а также деятельность по сбору, складированию, перемещению, размещению, обезвреживанию и использованию (утилизации) отходов.

<i>Отработавшее ядерное топливо</i>	Извлеченное из реактора топливо после облучения и не подлежащее дальнейшему использованию в этом реакторе. ОЯТ временно размещается в бассейне-хранилище. Содержит невыгоревший уран, продукты его урана, трансурановые элементы.
<i>Паспорт опасных отходов</i>	Документ, удостоверяющий принадлежность отходов к отходам соответствующего вида и класса опасности, содержащий сведения об их составе.
<i>Переработка ТБО</i>	Осуществление технологических процессов, которые ведут к изменению физических, химических и биологических свойств отходов с целью их экологически безопасного хранения, транспортировки и утилизации.
<i>Переработка металлолома</i>	Деятельность по подготовке лома цветных и черных металлов для использования в качестве сырья в металлургическом производстве (сортировка, резка, измельчение, прессование, брикетирование, переплав), в результате которой изменяется их исходный вид или состояние.
<i>Пиролиз</i>	Бескислородный процесс термического разложения отходов с образованием жидких и твердых (при 450-730°C) или газообразных веществ (при больших температурах).
<i>Полигон</i>	Сооружение для захоронения и обезвреживания ТБО, условия устройства, содержания и эксплуатации которого должны предотвратить отрицательное влияние на окружающую природную среду, обеспечить санитарно-эпидемиологическую и экологическую безопасность населения.
<i>Радиоактивные отходы</i>	Твёрдые, жидкие или газообразные продукты ядерной энергетики, военных производств, других отраслей промышленности и системы здравоохранения, содержащие радиоактивные изотопы в концентрациях, превышающей утверждённые нормы.

<i>Рециклинг</i>	Возращение отходов в круговорот производства.
<i>Свалка</i>	Территория, на которой отходы складировать без выполнения санитарных требований.
<i>Средозащитная инфраструктура</i>	Территориальная система предприятий и сооружений по рециклингу, депонированию и нейтрализации отходов.
<i>Трансмутация</i>	Превращение одного нуклида в другой в результате ядерных реакций
<i>Утилизация ТБО</i>	Использование отходов как вторичные материальные или энергетические ресурсы
<i>Цветные списки отходов</i>	Деление всех отходов, подлежащих трансграничной перевозке, на три категории: а) "красный" список – отходы, ввоз которых на территорию страны запрещен, а также запрещен их транзит через территорию страны; б) "янтарный" или "желтый" список – отходы, которые подпадают под регулирование в соответствии с принятым законодательством; в) "зеленый" список отходы, трансграничные перевозки которых регулируют существующими мерами контроля, обычно применяемыми в торговых сделках.
<i>Шлак</i>	Отходы, получаемые в расплавленном и твердом состоянии (например, при плавке металлов), представляющие собой при остывании каменистую или стекловидную массу.
<i>Шредер</i>	Измельчитель отходов, одна из разновидностей дробилки. Измельчает отходы на крупные фрагменты и устанавливается перед дробилками других типов, выполняя задачу грубого предварительного измельчения.

Производственно-практическое издание

САВАРИН Александр Александрович

УПРАВЛЕНИЕ ОТХОДАМИ

Практическое руководство
для студентов специальности
1-33 01 02 «Геоэкология»

Редактор *В. И. Шкредова*
Корректор *В. В. Калугина*

Подписано в печать 14.03.2013. Формат 60x84 1/16.
Бумага офсетная. Ризография. Усл. печ. л. 2,8.
Уч.-изд. л. 3,1. Тираж 80 экз. Заказ № 166.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования
«Гомельский государственный университет
имени Франциска Скорины»
ЛИ № 02330/0549481 от 14.05.2009.
Ул. Советская, 104, 246019, г. Гомель